

***ESTUDIO DE RENDIMIENTO, TIEMPOS Y
MOVIMIENTOS EN EL ASERRIO
MANUAL PRACTICO***

Documento Técnico 62/1997

Diciembre, 1997

***Estudio de Rendimiento,
Tiempos y Movimientos en el Aserrío
Manual Práctico***

Proyecto BOLFOR
Calle Prolongación Beni 149
Santa Cruz, Bolivia

Contrato USAID: 511-0621-C-00-3027-00

Angel Chávez
Consultor

Abraham Guillén
Coordinador Productos - BOLFOR

Diciembre, 1997

*BOLFOR es un proyecto financiado por USAID y el Gobierno de Bolivia e implementado por
Chemonics International, con la asistencia técnica de Conservation International,
Tropical Research and Development y el Wildlife Conservation Society*

TABLA DE CONTENIDO

	Página	
SECCION I	ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN TROZA	I-1
A.	Introducción	I-1
B.	¿Qué es un Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas?	I-1
C.	¿Cómo se realiza un Estudio de Rendimiento?	I-1
D.	Pasos a seguir para un Estudio de Rendimiento?	I-5
D1.	1er. paso: Definición de Especies a Estudiar	I-5
D2.	2do. paso: Selección de las Trozas	I-5
D3.	3er. paso: Recolección de Datos	I-6
	D3a. Marcado de la Troza	I-6
	D3b. Medición de la Troza	I-6
	D3c. Calidad y Datos de la Troza	I-7
	D3d. Proceso de Aserrío	I-8
D4.	4to. paso: Evaluación y Cálculos	I-9
	D4a. Cubicación de Trozas	I-9
	D4b. Cubicación de la Madera Aserrada (tabla)	I-10
	D4c. Determinación del Rendimiento	I-10
	D4d. Volumen de los Desperdicios	I-10
D5.	5to. paso: Análisis Estadístico de la Información	I-12
SECCION II	ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	II-1
A.	Definición de Estudio de Tiempos	II-1
B.	Propósito y Objetivos	II-1
C.	Elementos sobre el Estudio de Tiempos	II-1
D.	Métodos y Tiempos de Trabajo	II-2
E.	Pasos para Realizar un Estudio de Tiempos y Movimientos	II-3
E1.	1er. paso: Definir el Flujo de Aserrío y el Método de Estudio	II-3
E2.	2do. paso: Determinar el Número de Observaciones	II-3
E3.	3er. paso: Toma de Datos	II-3
E4.	4to. paso: Procesamiento de los Datos	II-4
E5.	5to. paso: Análisis de los Resultados	II-5
SECCION III	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	III-1
ANEXO A:	Formulario - Estudio de Rendimiento	

SECCION I
ESTUDIO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN TROZA

A. Introducción

La madera aserrada es uno de los productos más importantes dentro de la industria forestal. El estudio del procesamiento de la madera en troza resultante en madera aserrada y su calidad obtenida, son importantes para determinar la rentabilidad de la operación. Adicionalmente al introducirnos en estudios de rendimiento, se hace necesario conocer el nivel de esfuerzo que se está utilizando y cómo se está empleando. Para esto es importante realizar estudios de tiempos y movimientos.

Estos son dos temas distintos pero que están inter-relacionados. En Bolivia muy poco se conoce sobre este tema y menos aún cómo obtener esta información; por esta razón y en vista de la importancia que se tiene por conocer cómo se puede determinar el rendimiento en aserrío primario, se ha elaborado este manual práctico, que pretende ser una guía para todas aquellas personas que necesitan contar con este tipo de información.

Este manual ha sido elaborado en base a estudios reales de rendimiento, observando directamente las labores de rutina en una planta de aserrado.

El objetivo del presente manual es facilitar la implementación de Estudios de Rendimiento y Tiempos y Movimientos, procurando estandarizar una metodología práctica que facilite posteriores estudios similares a efectuarse en el Proyecto BOLFOR.

B.) Qué es un Estudio de Rendimiento en el Aserrío de Trozas?

Un estudio de rendimiento, es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza. También se define como la determinación del volumen de productos obtenidos versus el volumen de troza empleada.

Existen dos formas de medir el rendimiento en aserrío. Una es la que determina el llamado COEFICIENTE DE ASERRIO o coeficiente de aserrado, que es la relación entre el volumen de madera que se obtuvo y el volumen de los rollos que se usaron para producirla. Cuando se mide en unidades métricas:

$$\text{Coeficiente de aserrío} = \frac{\text{m; madera aserrada}}{\text{m; de madera en rollos}}$$

Si se mide en unidades inglesas:

$$\text{Coeficiente de aserrío} = \frac{\text{pies madereros de madera aserrada}}{\text{pies cúbicos de madera en rollo}}$$

En ambos casos, la expresión puede llevarse a porcentaje multiplicando por 100

C.)Cómo se realiza un Estudio de Rendimiento?

Para el procesamiento y transformación de la madera, generalmente un aserradero consta del siguiente equipo de aserrío:

- C Sierra sin fin o de cinta (sierras circulares no son incluidas)
- C Carro porta troza
- C Guinche hidráulico
- C Desorilladora o canteadora
- C Despuntadora
- C Reaserradora
- C Sala de afilado

1. Sierra de cinta o sierra principal
Este tipo de maquinaria se denomina sin fin vertical u horizontal simple; su corte es en un solo sentido. El sistema de corte más empleado es el de desdoble tangencial.
2. Carro porta trozas
El movimiento longitudinal del carro se lo realiza sobre rieles. El movimiento hacia el elemento cortante (sierra cinta) y hacia atrás (después del corte), se lo transmite por el sistema de cables de acero. El movimiento transversal se realiza a través de las escuadras de accionado mecánico para dar a la madera el espesor requerido. El sistema de fijación de la troza es mediante sujetadores tipo gancho accionados en forma manual.
3. Desorilladora
La desorilladora o canteadora se utiliza para producir tablas o tablones con cantos paralelos, eliminando los cantos con inclusión de corteza y albura. Las tablas o tablones provenientes de la sierra principal, son transportadas y alimentadas a la desorilladora en forma manual para su canteado por medio de una o más sierras circulares.
4. Despuntadora
Por lo general son de tipo pendular y realizan cortes transversales o perpendiculares al eje de la tabla. Su función es cortar los extremos de las tablas o tablones de forma que éstas tengan ángulos rectos en sus extremos. También se las utiliza para eliminar defectos en las tablas como rajaduras, extremos podridos, grietas, etc.
5. Reaserradoras o recuperadoras
Son máquinas más pequeñas que constan de una sierra circular de mesa, las cuales se utilizan para recuperar piezas sanas de dimensiones menores eliminando los

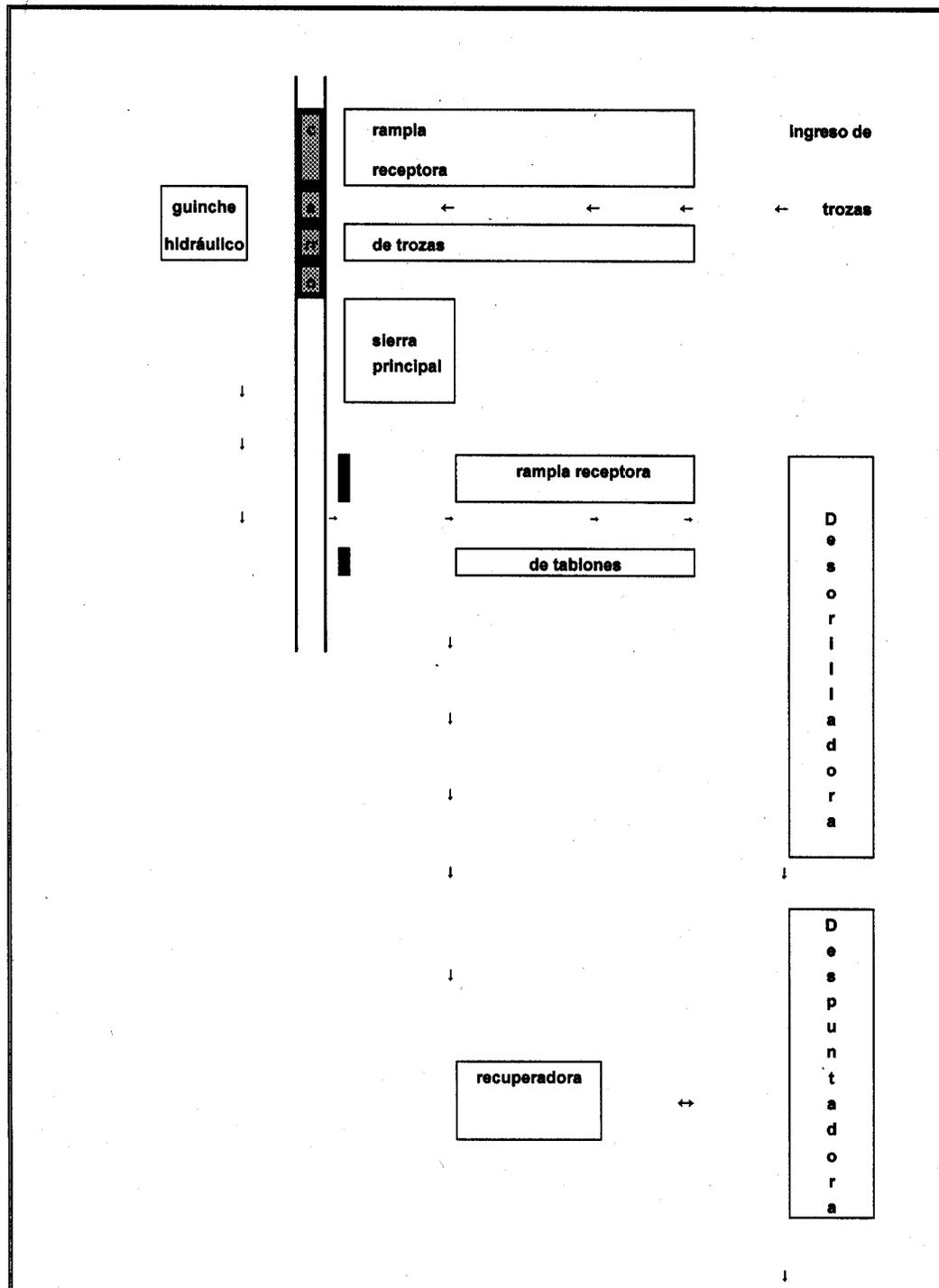
cantos muertos dañados.

6. Sala de afilado

La sala de afilado de sierras es la que se encarga de aprovisionar en forma permanente las sierras cintas o circulares debidamente acondicionadas para actividades de aserrío y reaserrío. Consta para sus operaciones de una laminadora, afiladora, biceladora y otros. En esta sala se realizan los trabajos de amoldado, tensionado, aplanado y trabado, también es depósito de sierras cintas. En cuanto al personal de una planta de aserrío, generalmente se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

Sección	Número	Función que desempeña
	1	Palanquero
Sierra	1	Pulgero
Principal	1	Ayudante
	1	Guinchoero
Recepción	3	Recibidores
de tablonos		
	1	Desorillador
Desorilladora	1	Ayudante
	1	Evacuador de orillas
	1	Despuntador
Despuntadora	1	Volcador
	1	Marcador
Recuperadora	1	Recuperador
	1	Ayudante
Acomodadores	2	Acomodadores de madera larga
	1	Acomodador de madera corta
Aserrín	1	Evacuador de aserrín
Cubicación	1	Cubicador
Total	20	

La distribución de la maquinaria de un aserradero normal se presenta en el siguiente flujo:



Después de haber conocido la distribución del personal y el flujo de operación, a continuación se describen los pasos que se deben seguir para realizar un estudio de rendimiento:

D. Pasos a seguir para un Estudio de Rendimiento

A manera general se toma el volumen inicial en troza, considerando todos los aspectos concernientes en cuanto a su forma y estado sanitario, para finalmente evaluar el volumen de madera obtenido en tablas, considerando también todas aquellas piezas comerciales resultantes del proceso de reaserrío o recuperación.

Se debe conocer la especie con la que se va a trabajar y si existe la cantidad suficiente de muestras que garanticen un buen resultado.

Un aspecto que se debe tomar muy en cuenta es que generalmente este tipo de estudios se lo realiza en condiciones normales de trabajo, lo cual hace un poco difícil la toma de información debido al volumen de madera que es aserrada y al ritmo de trabajo que se impone en estos tipos de empresas.

Para facilitar este factor se deben seguir los siguientes pasos:

D1. 1er. paso: Definición de Especies a Estudiar

El estudio de rendimiento será para la(s) especie(s) de la cual(es) se quiere conocer el volumen y calidad de la madera aserrada.

La selección de las especies para efectos de estudio, debe ser en función de las especies prioritarias indicadas en el plan de manejo. Esto implica que el estudio de rendimiento debe ser para brindar resultados representativos del bosque del cual provendrán las trozas.

Se puede realizar el estudio para un grupo de especies, pero lo importante es no mezclar la información para no desviarse del objetivo principal, el cual es obtener el rendimiento por especie.

D2. 2do. paso: Selección de las Trozas

La selección de las trozas se las realizará en dos fases:

En la primer fase se deberá seleccionar al azar un número de 20 trozas con la finalidad de determinar las clases diamétricas más representativas. Es decir, en esta fase se realizará un muestreo para desechar todas aquellas trozas que están fuera de los diámetros de mayor aprovechamiento.

En la segunda fase, una vez identificadas las clases diamétricas con mayor número de individuos, se procederá a seleccionar al azar trozas que están dentro de estas clases y completar el número de muestras por clase diamétrica que se sugiere a continuación:

El número máximo sugerido por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10 trozas por especie, atendiendo las normas COPANT. Por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie.

Realizado el muestreo se debe evaluar 10 trozas por clase diamétrica representativa, en caso de obtenerse menos de 3 clases se deberá trabajar con la media considerando que el número de muestras recomendables es de 30 trozas por especie.

Se debe procurar que la muestra de trozas incluya las calidades 1, 2, 3 según descrito en el inciso D3c.

D3. 3er. paso: Recolección de Datos

Primeramente se procederá a la elaboración de planillas confeccionadas especialmente para este tipo de estudio (ver anexo planilla de rendimiento).

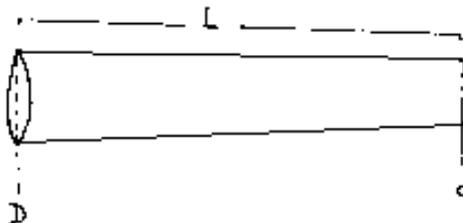
D3a. Marcado de la Troza

Una vez elegida la troza, se procede al pintado de sus extremos con pintura al aceite, utilizando para ello pinturas de color diferente al que presenta la madera de la troza, con la finalidad de evitar confusiones con el ingreso de otras trozas y por sobre todo para identificar y no perder de vista las tablas de la troza en estudio.

D3b. Medición de la Troza

Una vez marcada la troza, se procede a la medición de su longitud en metros, así como de sus diámetros con corteza en los extremos mayor y menor. Se utiliza para ello una cinta diamétrica graduada en centímetros y una wincha metálica para la medición de la longitud, con una precisión al centímetro.

D = Diámetro mayor
d = Diámetro menor
L = Longitud



D3c. Calidad y Datos de la Troza

Los datos que se deben registrar en cuanto a la forma que presenta la troza son los siguientes (Según LABONAC):

- a) Cilíndrica: Cuando la forma general se aproxima a la de un cilindro.
- b) Semicilíndrica: Cuando la forma general no se aproxima a la de un cilindro.
- c) Irregular: Si el prisma formado tiene irregularidades.

También se tomará en cuenta la rectitud de la troza:

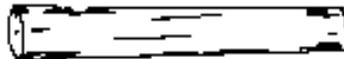
- a) Derecha: Si la troza es recta en toda su longitud.
- b) Sinuosa: Cuando en algún sector de la troza existe un alejamiento excesivo del eje longitudinal de la misma.
- c) Semi-sinuosa: Si este alejamiento del eje longitudinal de la troza no es demasiado.
- d) Torcida: Cuando presenta gran desviación longitudinal formando ángulos.

Presentación gráfica de la forma y rectitud de las trozas

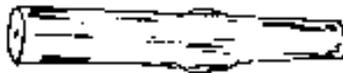
Cilíndrica



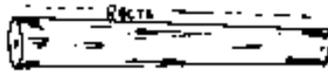
Semicilíndrica



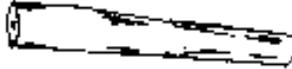
Irregular



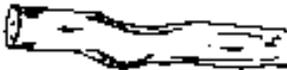
Derecha



Semisinuosa



Sinuosa



Torcida



Se estimará el porcentaje del estado sanitario de las trozas según la magnitud del ataque de hongos e insectos.

La **calidad de las trozas** estará en función de los factores antes mencionados y se las clasificará en trozas de primera, segunda y tercera calidad.

Ej.: Una troza de **primera calidad** será aquella que presente las siguientes características: Cilíndrica, derecha y sin ataques de ninguna clase y si los hubiese estos deben ser mínimos, la de **segunda calidad** será semicilíndrica, semisinuosa y ataques mínimos o hasta un 30% de su tamaño y la de **tercera calidad** será de forma irregular, sinuosa o torcida con pudriciones.

D3d. Proceso de Aserrío

El proceso de aserrío consta de una serie de operaciones que van desde que las trozas son colocadas sobre la sierra, hasta que son convertidas en madera aserrada como tablas, tablones, vigas, etc.

La troza seleccionada para la obtención del rendimiento, normalmente es trasladada mediante un guinche al carro porta troza, donde por medio del mismo se ejecuta el corte en la sierra cinta o sierra principal, saliendo de allí tablones que posteriormente son recibidos en la plataforma receptora de tablones.

Marcado de Tablones

Es recomendable que a todos los tablones, se les debe hacer una marca en la superficie con crayones, ya que el pintado de los extremos de la troza sólo sirve hasta la desorilladora porque en la despuntadora se pierde este color.

Medición y Clasificación de Tablas

Una vez desorilladas y despuntadas todas las tablas, inmediatamente y por efectos prácticos, se procederá a tomar las medidas correspondientes a cada tabla (ancho y espesor en pulgadas y largo en pies) para su respectiva cubicación en pies tablares. Adicionalmente, para conocer el volumen real, se debe tomar las dimensiones en medida métrica. Para clasificar las tablas por calidad, se deberá aplicar las normas NHLA. En estas normas están establecidas todos los requisitos que debe presentar una tabla para un determinado rango de calidad (ver anexo normas NHLA). También se las clasificará por su largo en : madera corta menor a 7 pies y madera larga mayor o igual a 7 pies. En caso de procesarse pedidos especiales, se deberá medir las dimensiones resultantes y la calidad será acorde al pedido.

Cuantificación del Volumen de Madera Recuperada

Una vez aserrada la troza se debe tener la precaución de tener todas las tablas obtenidas de dicha troza, tanto del desdoble como de recuperadora y otros, porque todo es producto obtenido de la troza y por lo tanto también es parte del rendimiento. Este volumen se cuantificará midiendo las piezas en ancho, largo y espesor en pies tablares.

D4. 4to. Paso: Evaluación y Cálculos

D4a. Cubicación de Trozas

Para determinar el volumen de las trozas en estudio, se aplicará la fórmula abajo indicada, ya que considera el promedio de los diámetros mayor y menor registrados de la troza y la longitud de la misma.

$$V = 0.7854 \times \left(\frac{D + d}{2} \right)^2 \times L$$

donde:

V= Volumen en m³
D= Diámetro mayor en metros
d= Diámetro menor en metros
L = Longitud en metros

D4b. Cubicación de la Madera Aserrada (tablas)

Para determinar el volumen en tablas se aplicará la siguiente fórmula:

$$V = \frac{L \times A \times E}{12}$$

donde:

V = Volumen en pies tablares
L = Longitud de la tabla en pies
A = Ancho de la tabla en pulgadas
E = Espesor de la tabla en pulgadas

D4c. Determinación del Rendimiento

Para obtener el rendimiento en porcentajes se aplicará la siguiente relación:

$$R = \frac{\text{Volumen en tablas en m}^3}{\text{Volumen en troza en m}^3} \times 100$$

El volumen en tablas generalmente se obtiene en pies tablares; por ello se realizará la transformación del volumen de madera aserrada en pies tablares a metros cúbicos. Para esto se considera la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ m}^3 = 424(\text{pt}) \text{ (aproximada de } 423,84)$$

D4d. Volumen de los Desperdicios

El volumen de los desperdicios será el resultado de la diferencia del volumen en troza y el volumen de madera aserrada.

A continuación se presenta un ejercicio práctico:

Una troza de roble, cilíndrica-derecha, tiene el diámetro mayor 76 cm, menor 68 cm. y una longitud de 4 metros, la misma que fue aserrada en 30 minutos. Determine su volumen aplicando la fórmula anterior.

Datos:

Diámetro promedio = $(0.76+0.68) \div 2 = 0.72$ metros

Longitud = 4 metros

$$V = 0.7854 \times \frac{(0.76 \text{ m} + 0.68 \text{ m})^2}{2} \times 4 \text{ m} = 1.62 \text{ m}^3$$

Al aserrarse esta troza se obtuvieron 296.8 pies tablares de madera aserrada. Determinar su rendimiento.

Datos:

Sumatoria del volumen de todas las tablas = 296.8 pies tablares

Equivalencia en m; = 296.8 pies tablares) 424 = 0.70m;

$$\text{Rend.} = \frac{0.70 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 43.2\%$$

De la misma troza se obtuvieron 169.6 pt de tablas largas y 127.2 pt de madera corta.

Datos:

Equivalencias: 169.6 pt) 424 = 0.40m;

127.2 pt) 424 = 0.30m;

$$R = \frac{0.40 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 24.69\%$$

$$R = \frac{0.30 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 18.5\%$$

Es decir, del total de madera obtenida de dicha troza, el 24.69% es madera larga y el 18.5 % es madera corta.

También se cuantificó la calidad de la madera, obteniéndose; 180 pt madera de primera, 80 pt madera de segunda, 36.8 madera de tercera.

Datos:

Equivalencias:

180 pt) 424 = 0.42 m;

80 pt) 424 = 0.18 m;

$$1\text{ra.} = \frac{0.42 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 25.92\%$$

$$2\text{da.} = \frac{0.18 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 11.11\%$$

36.8 pt) 424 = 0.086 m;

$$3\text{ra.} = \frac{0.086 \text{ m}^3}{1.62 \text{ m}^3} \times 100 = 5.35\%$$

Entonces, se tendrá que el 25.92% es madera de primera calidad, 11.11% es de segunda y 5.35% es de tercera.

El volumen de los desperdicios será la diferencia del volumen en troza, menos el volumen de madera aserrada (tablas):

1.62m; volumen troza - 0.70m; volumen tablas = 0.92 m; volumen desperdicios

Expresado en porcentajes será:

100% volumen troza - 43.2% rendimiento en tablas = 56.8% desperdicios
0.920 m; = 56.8%

D5. 5to. Paso: Análisis Estadístico de la Información

El análisis que se deberá aplicar para este tipo de estudios será el de correlación, el cual determina el grado de relación que existe entre dos o más variables. En este caso se debe distinguir cuál es la variable independiente y cuál la dependiente. Se puede trabajar con dos o más variables, pero se deberá optar por lo más sencillo, en este caso utilizamos la regresión lineal.

Este tipo de análisis permite expresar una relación entre las variables por medio de una ecuación. Lo que se trata de establecer es si existe relación entre dos variables (**X** y **Y**). En este caso a manera de ejemplo, el volumen en troza está representado por la variable independiente **X** y el volumen obtenido en tablas está representado por la variable dependiente **Y**.

La hipótesis que se debe plantear es probar si hay una relación entre **X** y **Y**.

Numéricamente el grado de asociación entre variables está en un intervalo que va desde -1 hasta +1, pasando por cero. Cuando **r** es igual a +1 indica una perfecta asociación positiva, y si **r** es igual a -1 indica una perfecta asociación negativa. Cuando **r** es igual a cero indica que no hay asociación, es decir, que existe total independencia entre las dos variables.

El análisis de regresión permite estimar o predecir una de las variables(dependiente), en función del conocimiento de la otra (independiente), basado en la ecuación de la recta.

Siguiendo en el mismo tipo de análisis, primeramente se debe graficar y observar la tendencia que presenta la curva y ajustar al modelo que mejor represente la curva o al que presente el **r²** más elevado o que más se aproxime a uno.

Ejemplo: De lo descrito anteriormente, las variables consideradas son volumen en troza(**x**) y el volumen en tablas (**y**). Con datos reales tomados en un aserradero para 48 trozas procesadas, se obtuvo la siguiente información:
(datos página siguiente)

Cuadro de Datos Vol. Troza (X) Vs. Vol. tabla (Y) para Análisis de Regresión

Troza	Vol. troza	Vol. tabla			
Número	X	Y	X ⁵	Y ⁵	XY
1	0.44	0.16	0.20	0.03	0.07
2	0.47	0.13	0.22	0.02	0.06
3	0.86	0.25	0.74	0.06	0.21
4	0.59	0.31	0.35	0.09	0.18
5	0.69	0.16	0.48	0.03	0.11
6	0.60	0.24	0.36	0.06	0.14
7	0.78	0.22	0.60	0.05	0.17
8	0.76	0.23	0.58	0.05	0.18
9	1.03	0.40	1.06	0.16	0.41
10	0.78	0.25	0.61	0.06	0.20
11	1.19	0.60	1.41	0.36	0.72
12	1.39	0.26	1.92	0.07	0.37
13	1.14	0.41	1.30	0.17	0.46
14	1.08	0.18	1.16	0.03	0.20
15	1.00	0.50	0.99	0.25	0.50
16	1.14	0.45	1.29	0.21	0.52
17	1.22	0.43	1.48	0.18	0.52
18	0.64	0.16	0.40	0.03	0.10
19	1.28	0.58	1.64	0.34	0.75
20	0.96	0.31	0.91	0.10	0.30
21	1.01	0.41	1.02	0.17	0.41
22	1.04	0.51	1.09	0.26	0.54
23	0.81	0.25	0.65	0.06	0.20
24	1.73	0.64	2.99	0.41	1.11
25	1.30	0.23	1.69	0.05	0.30
26	1.30	0.40	1.69	0.16	0.51
27	1.57	0.61	2.46	0.37	0.95
28	0.91	0.28	0.82	0.08	0.26
29	1.15	0.44	1.32	0.19	0.51
30	1.48	0.43	2.20	0.19	0.64
31	1.25	0.50	1.56	0.25	0.62
32	1.04	0.39	1.09	0.15	0.40
33	1.74	0.54	3.04	0.29	0.94
34	1.87	0.65	3.49	0.43	1.22
35	1.32	0.58	1.74	0.33	0.76
36	1.97	0.89	3.88	0.78	1.75
37	1.28	0.62	1.65	0.38	0.79
38	1.27	0.56	1.62	0.31	0.71
39	1.27	0.61	1.62	0.37	0.77
40	2.40	1.09	5.74	1.19	2.61
41	1.84	0.78	3.38	0.61	1.43
42	1.44	0.71	2.07	0.51	1.02
43	1.88	0.62	3.53	0.38	1.16
44	3.44	0.59	11.86	0.35	2.03
45	3.02	1.29	9.14	1.67	3.91
46	3.46	1.44	12.00	2.08	5.00
47	5.06	2.02	25.58	4.07	10.20
48	4.13	1.77	17.02	3.14	7.32

Total	70.00	26.08	143.64	21.58	54.25
Promedio	1.46	0.54			

Los valores estimados serán:

	x	y
Promedio (x); (y)	1.46	0.54
Desviación estándar de la población (Sx); (Sy)	0.92	0.39
Suma de cuadrados ($\sum x^2$); ($\sum y^2$)	143.64	21.58
Suma total ($\sum x$); ($\sum y$)	70.00	26.08
Producto interior ($\sum xy$)		54.25
Número de datos		48

Para el cálculo de la desviación estándar primeramente se determinará la varianza con la siguiente fórmula:

$$S^2 = \frac{\sum x^2}{n} - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

La desviación estándar **S** es la raíz cuadrada de la varianza:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Este dato no interviene en el cálculo de la regresión; pero sí es importante obtenerlo.

Cálculo de la regresión

La ecuación de la recta es:

$$y = a + bx$$

La constante **a** se la obtiene a través de :

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} = \frac{26.08 - 0.3902 \times 70.00}{48}$$

$$a = -0.025$$

El coeficiente de regresión **b**

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{48 \times 54.25 - 70.00 \times 26.08}{48 \times 143.64 - (70.00)^2}$$

$$b = 0.3902$$

Coeficiente de correlación **r**

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$q \cdot n \cdot 3x^5 - (3x)^5 \quad \cdot n \cdot 3y^5 - (3y)^5$$

$$r = \frac{48 \times 54.25 - 70.00 \times 26.08}{\dots}$$

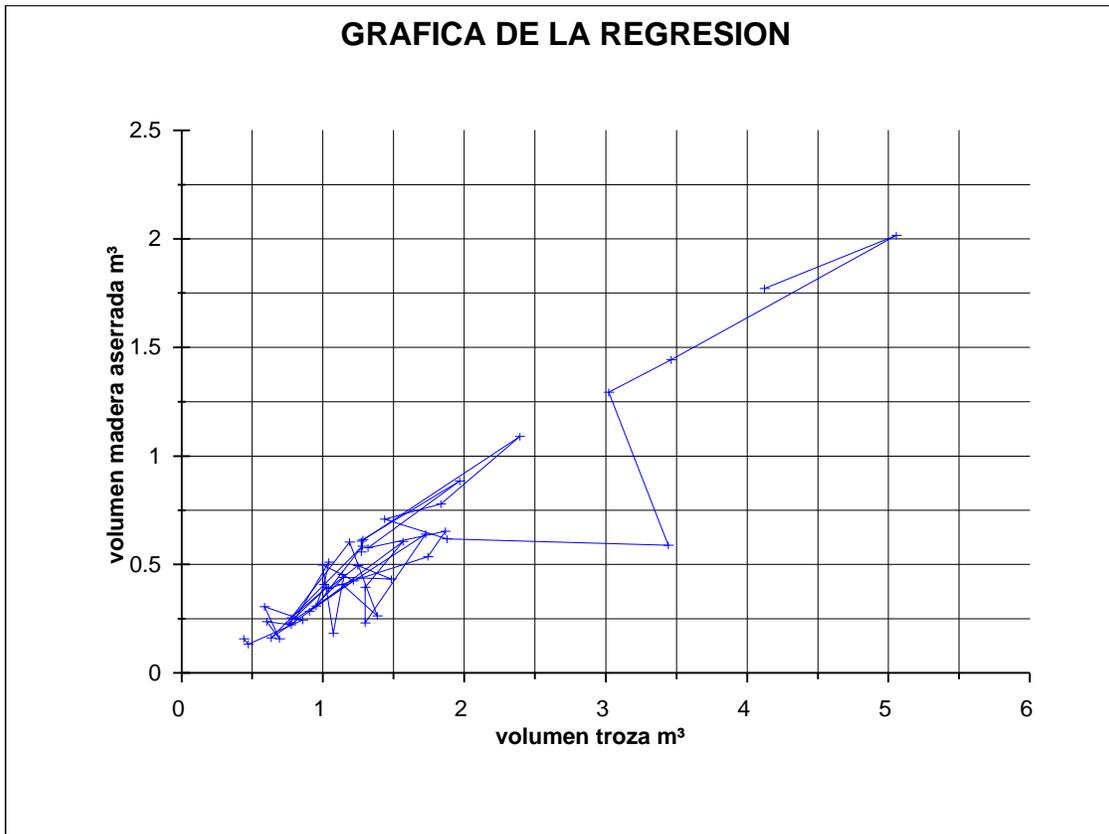
$$q \cdot 48 \times 143.64 - 70.005 \quad \cdot 48 \times 21.58 - 26.085$$

$$r = 0.92$$

$$r^2 = 0.84$$

El modelo será:

$$y = -0.025 + 0.390 (\text{volumen troza})$$



Ejemplo de cómo aplicar este modelo

En el área de corte se calculó el volumen de una troza apeada que dio como resultado 3.25 m³. Se necesita conocer el volumen de tablas que se obtendrá. Aplicando el modelo anterior tenemos:

$$y = -0.025 + 0.390 \times 3.25\text{m}^3;$$

$$y = 1.24 \text{ m}^3;$$

Entonces el volumen aserrado que se obtendrá es 1.24 m³; equivalente al 38% del volumen de la troza.

Cómo presentar los resultados

En el anexo se demuestra a modo de sugerencia cómo presentar y acomodar los resultados obtenidos en forma resumida para una mejor interpretación de los mismos. Los datos y los resultados utilizados son del ejemplo práctico de rendimiento.

SECCION II

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

A. Definición del Estudio de Tiempos

Se lo define como la técnica - especialmente del estudio de métodos y medidas de trabajo- para el examen sistemático del trabajo humano en todos sus contextos, así como de todos los factores que afectan su eficiencia y economía.

El estudio de los movimientos de una determinada operación consiste básicamente en el análisis del proceso de producción utilizado, con el fin de mejorar la eficiencia, optimizar el costo y utilizar el personal necesario (menor riesgo, menos cansancio, mayor ingreso, etc.).

B. Propósito y Objetivos

Los propósitos de hacer estudios de trabajo son para generar nuevos o mejores métodos para llevar a cabo una tarea, para desarrollar los métodos ya existentes, para obtener información y conocimiento sobre el consumo de tiempo para mejorar las condiciones de trabajo. Con los estudios de tiempo se pretende determinar el tiempo que un operario requiere para realizar un trabajo determinado. El objetivo es que el estudio de tiempos muestre cómo se está utilizando el mismo.

C. Elementos sobre el Estudio de Tiempos

La planificación de las operaciones de aprovechamiento implica un esfuerzo e inversión extra que de alguna manera puede verse justificado. Esta justificación se encuentra al poder optimizar los costos de operación y facilitar el control de la producción durante la ejecución. Una herramienta que contribuye a la planificación es el estudio del trabajo.

El estudio de tiempo se divide de acuerdo al diseño en :

1. Tiempo Trabajado, que a la vez se subdivide en Trabajo Productivo y Trabajo No Productivo.
2. Tiempo No Trabajado, que se subdivide en Tiempo Justificado y Tiempo No Justificado

Estos Tiempos de Trabajo consisten en:

1. Tiempo Total (T T): es el tiempo total incluido dentro del período considerado.
2. Tiempo Programado (S H): es el número de horas que se programa para trabajar en una determinada actividad en un día; normalmente son 8 horas y se expresa en horas programadas.

3. Tiempo Productivo (T P): es el número de horas en que la cuadrilla, yunta, máquina u otro elemento está verdaderamente trabajando; se expresa en horas efectivas.
4. Tiempo No productivo o Atrasos (T I): en esta categoría se incluye el tiempo durante el cual la máquina o cuadrilla no está produciendo.
5. Porcentaje de Eficiencia (%U): es el porcentaje del tiempo programado en que verdaderamente la cuadrilla o máquina estuvo produciendo; matemáticamente será:

$$\%U = \frac{\text{Tiempo Productivo (T P)}}{\text{Tiempo Programado (S H)}} \times 100$$

D. Métodos y Tiempos de Trabajo

Método de Tiempo Total

Se basa en la producción obtenida sobre un período de tiempo determinado (hora, día, mes, etc.).

Método por Muestreo

El Método por Muestreo está basado en principios estadísticos según el cual se hacen observaciones instantáneas al azar o sistemáticamente.

Es decir, en este método se hacen observaciones puntuales a intervalos establecidos al azar o en forma sistemática. No se toma el tiempo de toda la operación, sino que al hacer la observación al azar o sistemáticamente, se anota el tipo de movimiento que se está llevando a cabo en ese preciso instante.

La fórmula para determinar el número de observaciones es la siguiente:

$$N = \frac{Z^2 * Q}{E^2 * D}$$

donde:

N = Número de observaciones
 Z = Desviación normal dependiendo del nivel de confianza deseado

% confianza	Z
90	1.94
95	1.96
99	2.58

- D = Porcentaje del Tiempo Programado en que ocurren atrasos, expresado como decimal.
Q = (1-D) Porcentaje del Tiempo Programado en que no ocurren atrasos, expresado como decimal.
E = Error de muestreo, expresado como decimal.

E. Pasos para Realizar un Estudio de Tiempos y Movimientos

E1. 1er. paso: Definir el Flujo de Aserrío y el Método de Estudio

En fase de gabinete, lo primero que se debe definir es cuales secciones del flujo del proceso de aserrío de la madera estarán involucradas en el estudio y que método de estudio se aplicará. Una vez definido estos dos factores se procederá a la elaboración de planillas de campo, donde se tomarán en cuenta las principales actividades de una jornada de aserrío.

E2. 2do. paso: Determinar el Número de Observaciones *que para efectos de esta guía se recomienda el Método por Muestreo.*

Primeramente, se debe realizar un pequeño pre-muestreo de una jornada de trabajo a las secciones en estudio. En base a la información obtenida con este pre-muestreo, se conocerá en qué proporción las secciones desarrollan el trabajo y a las cuales se les realizará proporcionalmente las observaciones. Es decir, que el mayor número de observaciones estará en función a la sección de mayor actividad laboral y al nivel de confianza en que se requiere la información.

E3. 3er. Paso: Toma de Datos (Observaciones)

La información necesaria para llevar a cabo este estudio procederá de las secciones definidas en fase de gabinete. En el caso de un aserradero las secciones principales son:

- C Sierra principal
- C Desorilladora
- C Despuntadora

Como se ha indicado anteriormente, el Método por Muestreo será utilizado para la descripción de los diferentes movimientos que componen la faena de aserrío.

En este paso se usará el modelo de planilla para estudio de Tiempos y Movimientos (ver anexo Planilla de Tiempos y Movimientos).

La **primera actividad** previa a las observaciones, es registrar la hora de inicio del estudio y al finalizar la hora de conclusión.

La **segunda actividad** es realizar una observación instantánea sistemática en intervalos de dos minutos en la que se anotará el tipo de movimiento que se está ejecutando en ese preciso instante en las secciones en estudio (que en este caso son los tres arriba citados).

Todas las observaciones deben estar direccionadas al responsable de cada sección, porque funcionalmente de él depende el movimiento que ejecute todo el grupo de trabajo.

Tercera actividad. En forma paralela a las observaciones se debe registrar todas las trozas que están siendo aserradas en el período de las observaciones usando la planilla modelo. Se deberá registrar los siguientes datos de las trozas:

- Número de troza
- Especie
- Longitud de la troza
- Diámetros mayor y menor

Las observaciones se deben llevar a cabo desde el inicio del trabajo de aserrío hasta concluir una jornada normal.

E4. 4to. paso: Procesamiento de los Datos

Del total de las observaciones realizadas se deberá obtener:

1. Tiempo Trabajado, que a la vez se subdividirá en Trabajo Productivo y Trabajo No Productivo.
2. Tiempo No Trabajado, que se subdividirá en Tiempo Justificado y Tiempo No Justificado

Estos serán los tiempos que se deberán medir para cada una de las secciones estudiadas.

Para obtener cada uno de estos tiempos en cifras porcentuales, se debe aplicar la siguiente relación:

$$\text{Obs.\%} = \frac{\text{Total individual de cada observación}}{\text{Total de todas las observaciones}} \times 100$$

Para obtener el volumen de las trozas registradas en los períodos de observaciones se debe aplicar la fórmula utilizada para Estudio de Rendimiento.

Resultados que se deben obtener.

- C Porcentaje de los Tiempos Trabajados y No Trabajados
- C Número total de observaciones realizadas
- C Horas de observación
- C Jornadas de trabajo muestreadas
- C Número y volumen de trozas aserradas
- C Trabajadores que intervienen en la planta de aserrío
- C Rendimiento en horas/m;

- C Rendimiento en trozas/hora
- C Rendimiento en m³/hora/hombre

E5. 5to. paso: Análisis de los Resultados

Toda la información será analizada por sección de trabajo y también en forma general, haciendo resaltar los aspectos más sobresalientes encontrados en las jornadas de trabajo. Se debe identificar si existen o no fallas, sean estas humanas o de máquina, y si esto repercute de manera positiva o negativa en las demás secciones de trabajo.

A continuación se brinda un ejemplo para efectos de facilitar la explicación de la guía

En una planta de aserrío se realizó un pequeño muestreo de 200 observaciones durante 6 horas laborables, a razón de una observación cada 2 minutos. Los resultados indican que el Tiempo Efectivo de trabajo de la sierra principal es 82%, la desorilladora 60% y la despuntadora 50%. En este caso el número de observaciones se calculará para el área de mayor trabajo, que en este caso es la Sierra Principal.

El Tiempo Efectivo de la sierra principal es 82% y un 18% Tiempo No Efectivo. Con estos datos, determinar el número de observaciones a realizar a un nivel de confianza del 90%. Aplicando la fórmula por muestreo tendremos:

$$N = \frac{Z^2 * Q}{E^2 * D} \qquad N = \frac{(1.94)^2 * 0.82}{(0.1)^2 * 0.18} = 1714 \text{ observaciones}$$

Lo anterior indica que se requieren al menos 1714 observaciones para contar con datos estadísticamente confiables.

Los resultados para la sierra principal fueron:

1 *Tiempo trabajado* *1200 observaciones*

Que se distribuyó en:

- 1a Trabajo productivo 1000 observaciones (aserrío de trozas)
- 1b Trabajo no productivo 200 observaciones (volteo de trozas)

2 *Tiempo no trabajado* *514 observaciones*

Que se distribuyó en:

- 2a Tiempo no trabajado justificado 150 reparación, 150 mantenimiento
- 2b Tiempo no trabajado no justificado 100 distracción, 100 conversación y 14 esperas .

A continuación se presenta la planilla de campo.

	Sierra principal	Observaciones		
	Aserrando	1000 obs.		
r	Volteo de troza	200 obs.		
e	Espera de troza	14 obs.		
t	Distracción	100 obs		
r	Conversación	100 obs.		
a	Reparación	150 obs.		
z	Mantenimiento	150 obs.		
o				
s				

Se entiende por:

Aserrío de trozas: cuando se está efectuando el aserrado de la troza y se está obteniendo tablas.

Volteo de trozas: cuando se está dando la vuelta a la troza en el carro porta troza y no se está aserrando.

Espera de troza: a la falta de materia prima en la rampla receptora de trozas, que paralizan el aserrío pero no el movimiento de trozas en playa.

Reparación: a la reparación de las máquinas por desperfectos mecánicos o eléctricos.

Mantenimiento: cuando se paralizan las máquinas para hacerles el mantenimiento respectivo como ser, engrase, cambios de sierra.

Distracción: Paralización por negligencia del operador de la máquina o descuido en su área de trabajo.

Conversación: Paralización por diálogo entre operadores en su área de trabajo y al abandono del puesto de trabajo para conversar o jugar.

Aplicando la relación para determinar el porcentaje de las observaciones tendremos:

$$1 \quad \text{Tiempo trabajado} = \frac{1200}{1714} \times 100 = 70\%$$

$$1a \quad \text{Tiempo trabajado productivo} = \frac{1000}{1714} \times 100 = 58\% \text{ (aserrío de troza)}$$

$$1b \quad \text{Tiempo trabajado no productivo} = \frac{200}{1714} \times 100 = 12\% \text{ (volteo de troza)}$$

2 Tiempo no trabajado = $\frac{514}{1714} \times 100 = 30\%$

2a Tiempo no trabajado justificado = $\frac{300}{1714} \times 100 = 17.5\%$

Reparación= $\frac{150}{1714} \times 100 = 8.75\%$ Mantenim. = $\frac{150}{1714} \times 100 = 8.75\%$

2b Tiempo no trabajado no justificado = $\frac{214}{1714} \times 100 = 12.5\%$

Esperas = $\frac{14}{1714} \times 100 = 0.81\%$ Distrac.= $\frac{100}{1714} \times 100 = 5.83\%$ Conversación= $\frac{100}{1714} \times 100 = 5.83\%$

A continuación se presenta un cuadro resumen de los resultados:

Núm. de obser. = 1714			100%	
Máquina	Tiempo Trabajado en (%)		Tiempo no Trabajado en (%)	
	Productivo	No Productivo	Justificado	No Justificado
SIERRA PRINCIPAL				
ASERRADO	58			
VOLTEOS		12		
REPARACIONES			8.75	
MANTENIMIENTO			8.75	
ESPERAS				0.8
DISTRACCIONES				5.83
CONVERSACIONES				5.83
SUB TOTAL EN (%)	58	12	17.5	12.5
TOTAL EN (%)		70		30

También se calcularon los siguientes datos:

Horas de observación	57 horas = (1714 obs.x2 min.)) 60
Jornadas de trabajo muestreadas (10 horas/día)	6 días
Grupo de trabajo (operarios)	20 personas
Número de trozas aserradas	300
Volumen total aserrado	400 m;

Todos estos valores son el resultado de la recolección de los datos de campo que se registran en las planillas. Con estos datos se puede calcular los siguientes rendimientos:

Rendimiento Procedimiento de cálculo

Hora/m; madera aserrada	0.14	57 horas) 400 m;= 0.14
Trozas/hora	5.26	300 trozas) 57 horas= 5.26
m;/hora/hombre	0.35	(400m;) 57horas)) 20hombres=0.35

Recomendaciones adicionales

Todo el estudio se debe realizar en condiciones normales de trabajo, en días escogidos al azar. El número de observaciones es recomendable distribuir las para dos semanas de trabajo, es decir, sean 500 o 2000 observaciones, éstas deben ser recolectadas en dos semanas como mínimo con la finalidad de tener una mejor calidad de información.

Algunos autores establecen estadísticamente que se deben realizar como mínimo 300 observaciones.

En cuanto al lugar de observaciones, el responsable del estudio debe ubicarse en un lugar estratégico donde no interfiera en las operaciones normales de trabajo pero donde pueda dominar visualmente el área de trabajo.

SECCION III
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bittencourt, L.F.; Bonnemann, A. 1988. *Tecnología e Industrialización de la Madera II. Manual del Técnico Forestal. Industrias de la Madera*. Cochabamba, Bolivia.
- Cordero, Q.W. 1993. *Algunas Notas sobre Prácticas de Aprovechamiento Forestal*. ITCR. Cartago, Costa Rica. 1993.
- Romero, M. A. 1991. *Estudio de Costos y Rendimientos de la Industria del Aserrío en Bolivia*. LABONAC.
- Serrano, R. 1991. *Notas Técnicas. V Seminario de Ingeniería de Maderas*. ITCR. San José, Costa Rica. .

